(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 101668615 B
(45)授权公告日 2013.01.02

(21)申请号 200880008191.9
(22)申请日 2008.03.11
(30)优先权数据
60/906,814 2007.03.14 US
11/730,690 2007.04.03 US
(85)PCT申请进入国家阶段日
2009.09.14
(86)PCT申请的申请数据
PCT/US2008/003157 2008.03.11
(87)PCT申请的公布数据
WO2008/112197 EN 2008.09.18
(73)专利权人 瓦莱尼特有限责任公司
地址 美国密歇根
(72)发明人 布里安·豪夫勒 东·阿佐帕尔迪
(74)专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责任公司 11219
代理人 张建涛 车文
(51)Int.Cl.
B26D 1/12(2006.01)
审查员 李娟

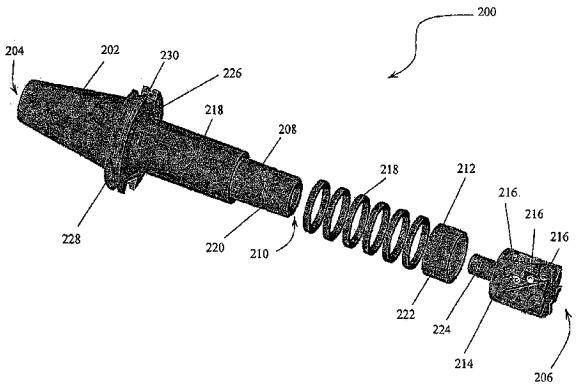
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 7 页

(54)发明名称

一种材料移除刀具及其制造和使用方法

(57)摘要

材料移除刀具(200,300)的示例性实施方案具有位于配合端(204)的外壳(202)、从外壳(202)纵向延伸到远端(210)的延伸部分(208)、沿延伸部分(208)设置的多个隔离物(218)和位于延伸部分(208)的远端(210)的螺母(212),其中该多个隔离物(218)由杨氏模量大于钢的杨氏模量约1.5倍的材料形成。沿刀具(200)的延伸部分(208)的隔离物(218)将这更硬的隔离物材料设置在最大的抗弯曲力矩(即最大截面模量)处。可选择地,预负荷和"内置"缓冲点有助于提高材料移除刀具(200,300)的性能。还公开了制造材料移除刀具(200,300)的方法和加工工件的方法。



CN 101668615 B

1. 一种材料移除刀具，包括：

外壳，其位于配合端；

延伸部分，其从所述外壳纵向延伸到远端；

多个隔离物，所述多个隔离物沿所述延伸部分设置；以及

螺母，其位于所述延伸部分的远端，

其中，所述多个隔离物由杨氏模量大于钢的杨氏模量 1.5 倍的材料形成，所述隔离物将这更硬的隔离物材料放置在最大的抗弯曲力矩的位置处。

2. 如权利要求 1 所述的材料移除刀具，其中，所述多个隔离物的至少一部分由硬质合金形成。

3. 如权利要求 1 所述的材料移除刀具，其中，所述螺母在所述多个隔离物上施加压缩预负荷。

4. 如权利要求 3 所述的材料移除刀具，其中，所述螺母被拧到所述远端上。

5. 如权利要求 4 所述的材料移除刀具，其中，所述压缩预负荷是所拧的螺母的标准负荷的 75％。

6. 如权利要求 3 所述的材料移除刀具，其中，所述螺母在所述延伸部分上施加拉伸预负荷。

7. 如权利要求 1、2、3 和 6 中的任一项所述的材料移除刀具，包括安装到所述延伸部分的远端的柱帽，所述柱帽包括多个切割刀片。

8. 如权利要求 7 所述的材料移除刀具，其中，所述柱帽在所述多个隔离物上施加压缩预负荷。

9. 如权利要求 7 所述的材料移除刀具，其中，所述切割刀片是侧锁定刀片。

10. 如权利要求 1、2、3 和 6 中的任一项所述的材料移除刀具，其中，所述延伸部分与所述外壳一体形成。

11. 如权利要求 1、2、3 和 6 中的任一项所述的材料移除刀具，其中，所述隔离物是垫圈。

12. 如权利要求 11 所述的材料移除刀具，其中，所述垫圈具有外径和内径，并且外径是内径的 1.33 到 2 倍。

13. 如权利要求 1、2、3 和 6 中的任一项所述的材料移除刀具，其中，所述螺母在所述远端围绕所述延伸部分的周围定位，并且所述材料移除刀具包括安装到所述延伸部分的远端的断面的柱帽，所述柱帽包括多个切割刀片。

14. 如权利要求 13 所述的材料移除刀具，其中，所述螺母在所述多个隔离物上施加第一压缩预负荷，而所述柱帽在所述多个隔离物上施加第二压缩预负荷。

15. 如权利要求 1、2、3 和 6 中的任一项所述的材料移除刀具，其中，所述多个隔离物的材料的杨氏模量在大于钢的杨氏模量的 1.5 倍到 2.5 倍的范围内。

16. 如权利要求 1、2、3 和 6 中的任一项所述的材料移除刀具，其中，所述多个隔离物的材料的杨氏模量在大于 $45\times10^6 lbf/in^2$ 到 $60\times10^6 lbf/in^2$ 的范围内。

17. 如权利要求 1、2、3 和 6 中的任一项所述的材料移除刀具，其中，所述材料移除刀具的突出长度与直径的比率为 2 ： 1 到 12 ： 1。

18. 如权利要求 17 所述的材料移除刀具，其中，所述比率为 3 ： 1 到 6 ： 1。

19. 如权利要求 17 所述的材度料移除刀具，其中，所述突出长度和沿所述延伸部分设

置的所述多个隔离物的数量在具有不同突出长度的材料移除刀具之间变化。

20. 一种制造材料移除刀具的方法，包括以下步骤：

沿延伸部分的至少一部分设置多个隔离物，所述延伸部分从所述材料移除刀具的外壳纵向延伸到远端；

在所述延伸部分的远端紧固螺母；以及

对所述多个隔离物施加压缩预负荷，

其中，所述多个隔离物由杨氏模量大于钢的杨氏模量 1.5 倍的材料形成，所述隔离物将这更硬的隔离物材料放置在最大的抗弯曲力矩的位置处。

21. 如权利要求 20 所述的方法，其中，所述多个隔离物的至少一部分由硬质合金形成。

22. 如权利要求 20 或 21 所述的方法，其中，对所述多个隔离物施加压缩预负荷包括由紧固螺母引起的至少第一压缩预负荷。

23. 如权利要求 22 所述的方法，包括将柱帽安装到所述延伸部分的远端，所述柱帽包括多个切割刀片，其对所述多个隔离物施加压缩预负荷包括由安装柱帽引起的在所述多个隔离物上的第二压缩预负荷。

24. 如权利要求 20 和 21 中的任一项所述的方法，其中，所述材料移除刀具的突出长度与直径的比率为 2 ： 1 到 12 ： 1，并且其中所述突出长度和沿所述延伸部分设置的所述多个隔离物的数量在具有不同突出长度的材料移除刀具之间变化。

25. 如权利要求 20 和 21 中的任一项所述的方法，其中，所述多个隔离物的材料的杨氏模量在大于钢的杨氏模量的 1.5 倍到 2.5 倍的范围内。

26. 如权利要求 20 和 21 中的任一项所述的方法，其中，所述多个隔离物的材料的杨氏模量在大于 $45\times10^6 lbf/in^2$ 到 $60\times10^6 lbf/in^2$ 的范围内。

27. 一种加工工件的方法，所述方法包括以下步骤：

利用材料移除刀具从工件移除材料，

其中，所述材料移除刀具包括位于配合端的外壳、从所述外壳纵向延伸到远端的延伸部分、沿所述延伸部分设置的多个隔离物和位于所述延伸部分的远端的螺母，并且

其中，所述多个隔离物由杨氏模量大于钢的杨氏模量 1.5 倍的材料形成，所述隔离物将这更硬的隔离物材料放置在最大的抗弯曲力矩的位置处。

28. 如权利要求 27 所述的方法，其中，所述多个隔离物的至少一部分由硬质合金形成。

29. 如权利要求 27 或 28 所述的方法，其中，所述螺母在所述多个隔离物上施加压缩预负荷。

30. 如权利要求 27 和 28 中的任一项所述的方法，其中，所述工件由钛基合金形成。

31. 如权利要求 27 和 28 中的任一项所述的方法，其中，利用材料移除刀具从工件移除材料形成宇航飞行器的结构部件。

32. 如权利要求 27 和 28 中的任一项所述的方法，其中，所述多个隔离物的材料的杨氏模量在大于钢的杨氏模量的 1.5 倍到 2.5 倍的范围内。

33. 如权利要求 27 和 28 中的任一项所述的方法，其中，所述多个隔离物的材料的杨氏模量在大于 $45\times10^6 lbf/in^2$ 到 $60\times10^6 lbf/in^2$ 的范围内。

一种材料移除刀具及其制造和使用方法

技术领域

[0001] 本公开内容涉及材料移除刀具和机械加工方法。具体地说，本公开内容涉及包括一个或多个隔离物如垫圈、盘、或其它类型的隔离物的材料移除刀具，这些隔离物沿刀具的长度设置。隔离物可由刚性材料如硬质合金 (WC)、重金属（钢 -WC 复合材料）或无粘结剂碳化物形成，并且隔离物有助于提高工件的加工。

背景技术

[0002] 在以下背景的讨论中，参考了某些结构和 / 或方法。然而，以下参考不应被解释为承认这些结构和 / 或方法构成了现有技术。申请人显然有权说明这样的结构和 / 或方法不作为现有技术。

[0003] 高强度材料工件，且尤其是由高强度材料形成的大的锻造结构部件的加工一般需要数小时来完成到符合最终的技术要求的加工。由于制成的部件尺寸较大，所以使用安装在机床上的长型材料移除刀具来执行加工。

[0004] 然而，高强度材料工件，例如像钛，难以加工，这部分地是由于刀具上的“后推”力，这是加工许多高强度材料所特有的。“后推”力和长型（柔韧的）刀具的结合需要额外的机器补偿以确保材料被充分移除。在实践中，多次回弹操作所花费的时间是加工这些工件所花费的总时间的高达 30％，即多次操作加工工件的同一区域以便清理由于刀具偏转所遗留的材料并且达到最终技术要求。

[0005] 众所周知，硬质合金材料的杨氏模量是钢的大约 2 倍。已经尝试了在高强度材料工件的加工中应用具有硬质合金杆的刀具。例如，图 1 示 出了具有整体硬质合金杆 12 的材料移除刀具 10。硬质合金杆 12 从材料移除刀具 10 的配合端 14 朝材料移除刀具 10 的切割端 16 延伸，并且由整体件形成。硬质合金杆 12 可具有内部设置的钢制件，如在图 1 中所示的钢杆 18。合适的配合面 20 位于配合端 14，该配合面与正在操作的机床（未示出）的基部配合。联接器 22 位于切割端 16，该联接器在第一端 24 处与硬质合金杆 12 相连，且该联接器在第二端 26 处具有连接件 28。典型地，具有安装的切割刀片（未示出）的柱帽固定到连接件 28。

[0006] 典型的现有技术的材料移除刀具表现出硬质合金杆的突然断裂的现象。不用坚持一个失效理论，令人相信的是，具有整体杆的刀具的弯曲，例如远端的偏转在杆的一侧施加压缩负荷而在杆的另一侧施加拉伸负荷。然而，硬质合金一般是细晶的（大约 1μm 到 2μm），并且裂纹平均自由行程很短，这种特性一般有利于裂纹扩展并断裂。因此，当在处拉伸力下时，整体硬质合金杆容易失效。

[0007] 用观察到后推的长型材料移除刀具加工的一个非限制性实例是大的、单件的、由高强度材料主要是类似钛的高强度材料形成的锻造结构部件的加工。这些结构部件用于航空工业例如用于商务飞机中，并且非常昂贵。例如，这些结构部件在执行任何加工之前造价可超过 200,000 美元，并且一般地，需要数小时来完成到最终的技术要求的加工。存在通过使刀具偏转和对多次“回弹”操作的需要降到最小而产生的很大的节约潜能（加工时间和

刀具花费）。

发明内容

[0008] 材料移除刀具的示例性实施方案使用了沿刀具的延伸部分叠放的一系列隔离物。隔离物由具有大于钢的杨氏模量 (E)，即大于 30×10^6 磅力 / 每平方英寸 (lbf/in^2) 的杨氏模量 (E) 的材料形成。可在各种尺寸，例如长度和 / 或直径的刀具上使用相同的隔离物，且不同长度的刀具使用或多或少数量的隔离物。使隔离物标准化与大批量生产的结合允许较好的经济效益。从技术观点看，隔离物将这更硬的隔离物材料 放置在最大的抗弯曲力矩（即最大截面模量）的位置处。通过可选地施加预负荷，首先是利用预负荷螺母，以及可选地和额外地利用柱帽，人们可得到隔离物材料的抗压强度的又一优点。而且，当隔离物分开、滑动或以其它方式相对于彼此移动时，在弯曲力矩下，刀具的拉伸半部上有“内置”缓冲点。在一种示例性实施方案中，可以在使用刀具时对系统充分地预加负荷，这样不会受到拉伸必然产生的负荷。最后，通用部件，例如隔离物和预负荷螺母使部件降到最少（降低制造成本）。

[0009] 材料移除刀具的示例性实施方案包括位于配合端的外壳、从外壳纵向延伸到远端的延伸部分、沿延伸部分设置的多个隔离物以及在延伸部分的远端的螺母，其中多个隔离物由杨氏模量大于钢的杨氏模量大约 1.5 倍的材料形成。

[0010] 制造材料移除刀具的方法的示例性实施方案包括沿延伸部分的至少一部分设置多个隔离物，延伸部分从材料移除刀具的外壳纵向延伸到远端，在延伸部分的远端紧固螺母，以及对所述多个隔离物施加压缩的预负荷，其中多个隔离物由杨氏模量大于钢的杨氏模量大约 1.5 倍的材料形成。

[0011] 加工工件的方法的示例性实施方案包括从利用材料移除刀具从工件移除材料，其中材料移除刀具包括位于配合端的外壳、从外壳纵向延伸到远端的延伸部分、沿延伸部分设置的多个隔离物以及位于延伸部分远端的螺母，并且其中所述多个隔离物由杨氏模量大于钢的杨氏模量大约 1.5 倍的材料形成。

[0012] 应理解，前面的一般描述和以下的详细描述都是示例性的和说明性的，并且旨在如权利要求一样提供本发明的进一步说明。

附图说明

[0013] 可以结合附图阅读以下详细描述，其中类似的附图标记代表类似 元件，并且其中：

[0014] 图 1 显示了具有整体硬质合金杆的现有技术刀具。

[0015] 图 2 显示了具有隔离物的材料移除刀具的示例性实施方案的部分分解的示意图。

[0016] 图 3 显示了具有隔离物的材料移除刀具的示例性实施方案的组装好的示意图。

[0017] 图 4A 和图 4B 涉及当使用具有隔离物的材料移除刀具时观察到的变形。图 4A 显示了具有硬质合金隔离物的材料移除刀具的示意性表示。图 4B 是图 4A 示出的材料移除刀具在两个方向上的作用力与变形的函数的曲线图。

[0018] 图 5A 和图 5B 涉及当使用由镇静钢 (solid steel) 形成的材料移除刀具时观察到的变形。图 5A 显示了具有镇静钢的材料移除刀具的突出长度 (projection length) 的示

意性表示。图 5B 是图 5A 示出的材料移除刀具在两个方向上的作用力与变形的函数的曲线图。

[0019] 图 6 是具有镇静钢延伸部分的材料移除刀具以及具有硬质合金隔离物的材料移除刀具的示例性实施方案在两个方向上的作用弯曲转矩与角变形的函数的曲线图。

[0020] 图 7 展示了正在操作以从工件移除材料的具有硬质合金隔离物的材料移除刀具的示例性实施方案。

具体实施方式

[0021] 图 2 显示了具有隔离物的材料移除刀具的示例性实施方案的部分分解的示意图。材料移除刀具 200 具有位于配合端 204 的外壳 202，并具有材料移除端 206。延伸部分 208 从外壳 202 纵向延伸到远端 210。螺母 212 位于延伸部分 208 的远端 210，并且柱帽 214 安装到延伸部分 208 的远端 210。柱帽 214 包括多个切割刀片 216。

[0022] 多个隔离物 218 沿延伸部分 208 的长度的至少一部分设置。隔离物 218 由杨氏模量为钢的大约 1.5 倍，或者大约 2 倍，即大约 $40\times10^6 lbf/in^2$、大约 $45\times10^6 lbf/in^2$、大约 $50\times10^6 lbf/in^2$、大约 $60\times10^6 lbf/in^2$ 或更大的 材料形成。在一种示例性实施方案中，隔离物 218 由硬质合金形成。隔离物 218 可采取任何物理形式，当定位在材料移除刀具上时，其使这更硬的隔离物材料放置在材料移除刀具的最大抗弯曲力矩（即最大截面模量）的位置。物理形式的一种示例性实施方案是垫圈形状。在另一示例性实施方案中，隔离物是具有外径表面和内径表面的垫圈，且外径表面的半径是内径表面的半径的约 1.33 到约 2 倍。

[0023] 隔离物沿延伸部分的数量根据材料移除刀具的长度变化。如在图 3 的组装好的视图中所示的，材料移除刀具 300 具有从基准线 302 到切割端 304 的突出长度 L，并具有直径 D。基准线是当操作时接触机床的配合端的最大直径。在示例性实施方案中，突出长度与直径的比率为约 2 ： 1 到约 18 ： 1。标准长度为约 2 ： 1、约 3 ： 1、约 4 ： 1、约 5 ： 1、约 6 ： 1、约 7 ： 1、约 8 ： 1、以及约 12 ： 1。然而，在使用公开的隔离物来提高性能方面，可使用任何突出长度和直径。当延伸部分的长度在材料移除刀具之间变化时，沿延伸部分设置的隔离物数量变化。

[0024] 延伸部分是由钢或其它高强度材料制成的内部件。延伸部分可通过任何合适的方法与外壳连接。例如，且如在图 1 中见到的，延伸部分可栓接到外壳内。可选地，且例如在图 2 中所示的，延伸部分可与外壳整体形成，如铸造、锻造或加工。

[0025] 材料移除刀具 200 的螺母 212 通过，例如螺纹连接 220 连接到延伸部分 208。如果使用螺纹连接件，则可使用任何类型的螺纹连接件。然而，螺纹连接件优选为接地螺纹。也可使用锻造螺纹或切割螺纹，但是这些类型的螺纹可通过摩擦而损失预负荷。转接器 222，例如凹口或洞，可包含在螺母上，用以连接紧固刀具，例如活动扳手。将螺母连接到延伸部分以及在系统上建立预负荷的可选方法是通过冷缩配合技术 (shrink fit technique) 连接螺母。在此，将螺母连接到加热且膨胀的延伸部分将在冷却时当延伸部分恢复到其原始长度时产生预负荷。

[0026] 当连接到延伸部分 208 时，螺母 212 在多个隔离物 218 上施加任选的压缩预负荷。合适的压缩预负荷的实例是螺纹连接的标准负荷的约 75％。钢螺纹的合适的压缩预负荷的另一实例通过将螺母 212 连接到具有扭矩为约 200ft-lbs 到约 250ft-lbs，可选地为约

225ft-lbs 的螺纹 M39-4,7H 的延伸部分 208 来完成。压缩预负荷有助于减轻在操作材料移除刀具期间产生的任意拉伸负荷。当将隔离物 218 设置成经受压缩预负荷时,延伸部分 208 被设置成经受拉伸预负荷。

[0027] 安装到延伸部分 208 的远端 210 的柱帽 214 包括多个切割刀片 216。每一个切割刀片 216 被安装到形成在柱帽 214 内的一个凹处的坐靠面上。合适的切割刀片可以是任意类型的,例如铣削、车削、镗削。合适的切割刀片的一个示例性实施方案是在 2006 年 4 月 24 日提交的题为“Side Locking Insert and Material Removal Tool with Same(侧锁定刀片和具有侧锁定刀片的材料移除刀具)”的美国申请 No. 11/409,089 中公开的侧锁定刀片,其全部内容在此通过引用并入。

[0028] 当螺母 212 和柱帽 214 都存在于材料移除刀具中 200 中时,螺母 212 在远端 210 处围绕延伸部分 208 的周围放置,而柱帽 214 安装到延伸部分 208 的远端 210 的断面。例如并且在图 2 中所示,柱帽 214 的螺纹部分 224 可旋入到形成在延伸部分 208 的远端 210 的断面中的螺纹内。

[0029] 当连接到延伸部分 208 时,柱帽 214 可以可选地在多个隔离物 218 上提供压缩预负荷。由柱帽旋入到延伸部分内而引起的合适的压缩预负荷的实例通过将柱帽 214 连接到具有扭矩约 150ft-lbs 到 250ft-lbs,可选地约 200ft-lbs 的螺纹尺寸 M20-2.5,7H 的延伸部分 208 来完成。当柱帽 214 在多个隔离物 218 上提供压缩预负荷时,柱帽 214 也给延伸部分 208 提供拉伸预负荷。当螺母 212 和柱帽 214 一起使用时,螺母 212 提供第一压缩预负荷,而柱帽 214 提供第二压缩预负荷(并且相对应的拉伸预负荷是类似的)。可选地,当第一压缩预负荷大于第二压缩预负荷时,可认为第一压缩预负荷是主要预负荷,并且反之亦 然。可选地,柱帽在较低的压缩预负荷下组装到螺母,允许优先移除柱帽,而不影响柱帽或对柱帽有最小的影响。在其它预负荷施加器,例如螺母在使用过程中发生过早松动的情况下,预负荷柱帽还确保在隔离物上充分且持续的预负荷。

[0030] 在操作期间,位于材料移除刀具 200 的配合端 204 的外壳 202 连接到机床,例如 HAAS VF6 铣床。外壳可采取允许与期望的机床连接的任意适宜的形式。在示例性实施方案中,外壳具有渐缩表面,例如向后或朝向配合端 204 渐缩。过渡件 226 可以可选择地包括在外壳 202 的一端处。过渡件 226 的实例包括与操作机器或存储系统配合的至少一个特征。例如,过渡件 226 可包括周向凹槽 228。周向凹槽 228 或类似结构可提供用于将材料移除刀具 200 配合到旋转式存储系统 (carousel storage system) 的连接点,旋转式存储系统用于在加工操作中存储多个材料移除刀具。在另一实例中,过渡件 226 可包括键槽 230。当材料移除刀具安装使用时,键槽 230 或类似结构可提供方向或与机床上的相应特征的配合。

[0031] 在材料移除刀具中使用独立的部件具有几点好处。例如,目前公开的柱帽允许柱帽的部件更换,而不用丢弃材料移除刀具的整个组件。类似优点通过具有螺母、隔离物以及如果合适的话,可单独替换的延伸部分和外壳来实现。

[0032] 图 3 显示了具有隔离物的材料移除刀具的示例性实施方案的组装好的示意图。在使用中,材料移除刀具 300 在切割端 304 处经受到使切割端 304 在方向 P 上偏转的后推力。这使得材料移除刀具的一侧处于压缩 C 下,而材料移除刀具的另一侧处于拉伸 T 下。然而,压缩预负荷起减轻材料移除刀具的一侧的实际拉伸的作用。另外,因为邻近的隔离物在它们移动的过程中不受限制,隔离物可以在拉伸下产生缝隙、滑动或者以其它方式移动分开。

这类似于在拉伸下形成预定的缓冲点，并且有助于减少材料移除刀具的失效。

[0033] 图 4A 和图 4B 涉及当使用具有隔离物的材料移除刀具时观察到的变形。图 4A 显示了具有硬质合金隔离物的材料移除刀具的示意性表示。该材料移除刀具基本如图 2 和图 3 中所示以及参考图 2 和图 3 描述的。图 4A 还显示了具有示意性地表示了后推力的作用力 (F) 的材料移除刀具 400。作用力 (F) 作用在刀具的切割端，并且产生横向偏转。角变形和弯曲力矩 402 都在图 4A 中示出。测试的材料移除刀具 400 具有 5 ： 1 的比率。假定安装架 404 是刚性的且横向偏转使用 Kistler 9255A 测力计来测量。图 4B 是图 4A 示出的材料移除刀具在两个方向上的作用力与变形的函数的曲线图。在两个方向上测量材料移除刀具 :与键槽 (参见图 2 和图 3) 平行的第一方向以及与键槽成 90° 的第二方向。如图 4B 中所看到的，对于平行和 90° 方向，所得到的材料移除刀具的性能都基本相同，即在仪表误差范围内。

[0034] 图 5A 和图 5B 涉及当使用由镇静钢形成的材料移除刀具时观察到的变形。图 5A 显示了具有镇静钢杆的材料移除刀具的示意性表示。图 5B 是图 5A 示出的材料移除刀具在两个方向上的作用力与变形的函数的曲线图。材料移除刀具 500 与在图 4A 中的材料移除刀具 400 相同的条件下测试，并且使用了相同的试验状态。如图 5B 中所看到的，对于平行和 90° 方向，材料移除刀具的结果性能都基本相同，即在仪表误差范围内。

[0035] 对比图 4B 和图 5B 的结果，可以看到，具有隔离物的材料移除刀具 (图 4A) 需要更大的力以实现相同的偏转量 - 对具有隔离物的材料移除刀具的 0.003 英寸的变形需要 500lbs，而在具有镇静钢杆的材料移除刀具中 (图 5A) 相同的偏转仅需要 300lbs 的力。换句话说，具有隔离物的材料移除刀具的刚性是具有镇静钢的材料移除刀具的接近约 1.5 倍到约 2 倍。可以得出，通过在隔离物的材料和钢的材料之间的杨氏模量上的近似差，具有隔离物的材料移除刀具比具有镇静钢的材料移除刀具更具有刚性。如果在相同的材料移除刀具中使用不同的材料用于不同 的隔离物，那么可使用用于弯曲梁的 Euler-Bernoulli 公式并考虑由对于各个单个隔离物的杨氏模量值引起的杨氏模量的长度变化值和与基准线的距离关系来进行这种材料移除刀具对比钢制材料移除刀具的硬度的预测 / 对比。

[0036] 图 6 是具有镇静钢杆的材料移除刀具 (图例是“镇静钢”并且曲线标为 600) 以及具有硬质合金隔离物的材料移除刀具的示例性实施方案 (图例是“碳化物垫圈”并且曲线标为 602) 在两个方向上的作用弯曲扭矩与角变形的函数的曲线图。进行了与键槽平行以及与键槽成 90° 的测量，如图 4B 和图 5B 中描述的。在此，具有硬质合金隔离物的材料移除刀具在较高的作用弯曲扭矩下显示出较低的变形，这表明是较硬的刀具。在相同变形下，具有硬质合金隔离物的材料移除刀具需要约 1.5 倍的作用弯曲扭矩，并且与镇静钢杆和硬质合金垫圈加强的刀具之间的材料特性差异相符合。

[0037] 图 6 涉及具有硬质合金隔离物的材料移除刀具的示例性实施方案的静态刚度与具有镇静钢杆的材料移除刀具的静态刚度的对比。静态刚度定义为产生 1 分的转接器的角变形所需的弯曲力矩 (以 in*lbs 测量) 的量。结果总结在表 1 中 :

[0038] 表 1 :静态刚度

[0039]

具有镇静钢的材料移 除刀具	具有硬质合金隔离 物的材料移除刀具	因数
3213in*lbs/ 分	5528in*lbs/ 分	1.7

[0040] 图 7 展示了正在操作以从工件 702 移除材料的具有隔离物 700 的材料移除刀具的

示例性实施方案。在具有隔离物 700 的材料移除刀具的每次操作期间，材料被移除到切割深度 (DOC) 和切割宽度 (WOC)。切割深度被确定为在由材料移除刀具的单次操作 (pass) 而没有观察到“震颤”时所移除的宽度下的最大材料深度 - 振动导致刀具偏转并通 常产生与切割刀片跳离工件且然后又返回接触工件并继续加工相关联的频率。使用垂直铣床 HAAS VF6(30HP) 进行对比铣削切割。铣削参数为 :

[0041] 切割宽度 :1.0 英寸

[0042] 切割速度 :400sfm

[0043] 进给速率 :0.10 英寸 / 齿 (ipt)

[0044] 测试结果在表 2 中示出。

[0045] 表 2 :铣削切割对比试验

[0046]

参数	具有镇静钢的材 料移除刀具	具有硬质合金隔离物 的材料移除刀具
最大 DOC	0.040 英寸	0.080 英寸

[0047] 具有硬质合金隔离物的材料移除刀具证明了在自由振动环境或基本自由振动环境中 2 倍的较大切割深度。铣削切割对比试验表明，具有预负荷隔离物的材料移除刀具对具有比率 (长径比) 为 4 ： 1 到 8 ： 1 的材料移除刀具提供较高的性能，并且表明具有较高比率的材料移除刀具将显示一致的结果，例如基本改进的性能。

[0048] 尽管结合本发明的优选实施方案进行了描述，但是本领域技术人员应理解，可以进行没有具体描述的添加、删除、修改以及替换，而不偏离所附权利要求中所界定的本发明的精神和范围。

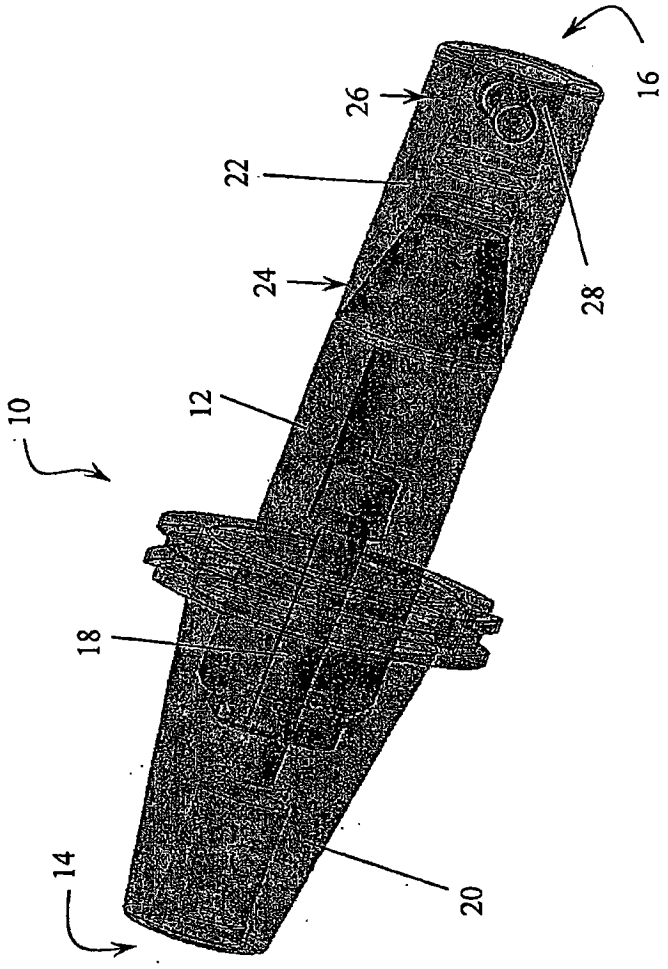


图 1

现有技术

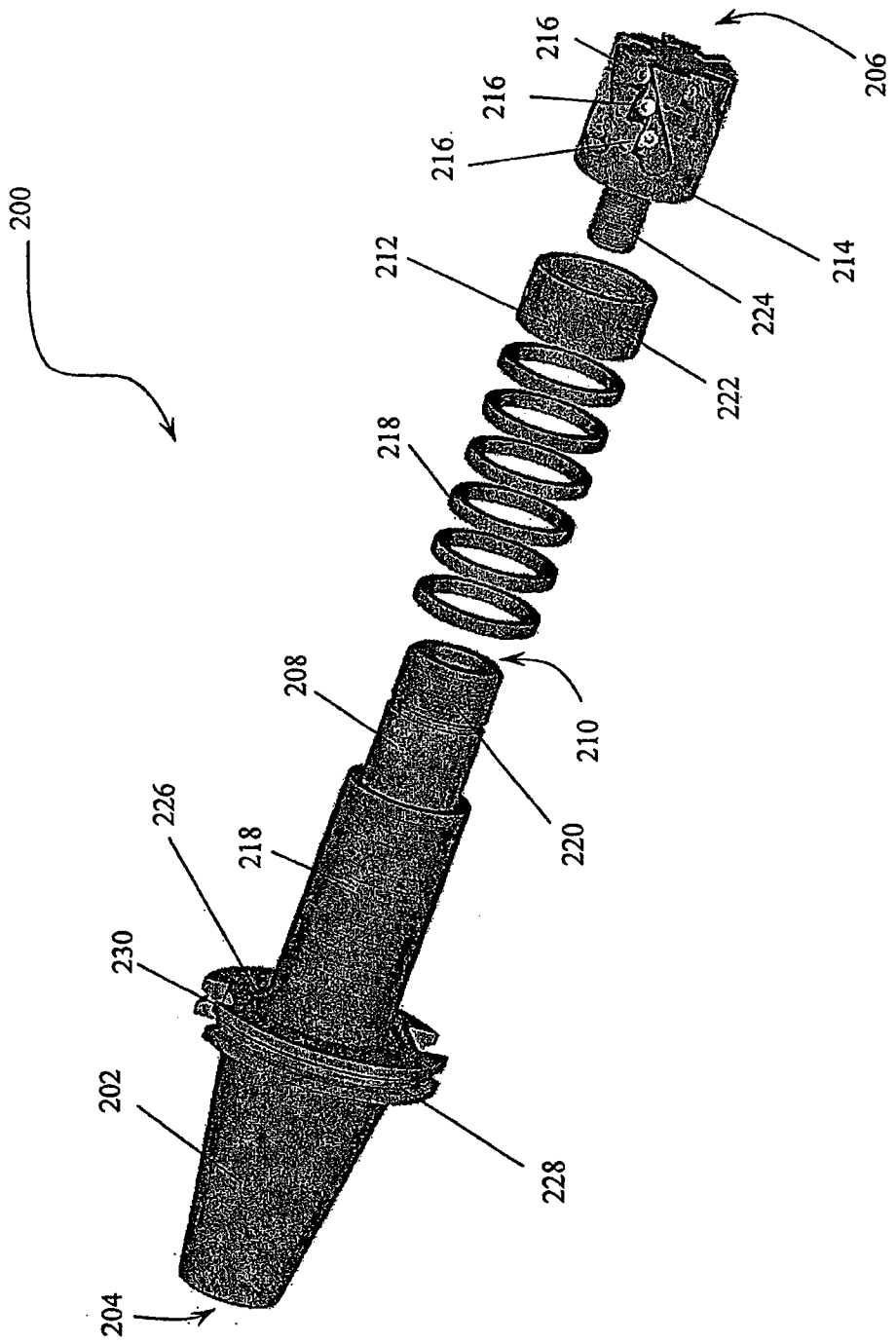

200
202
204
206
208
210
212
214
216
216
216
218
218
220
222
224
226
228
230

图 2

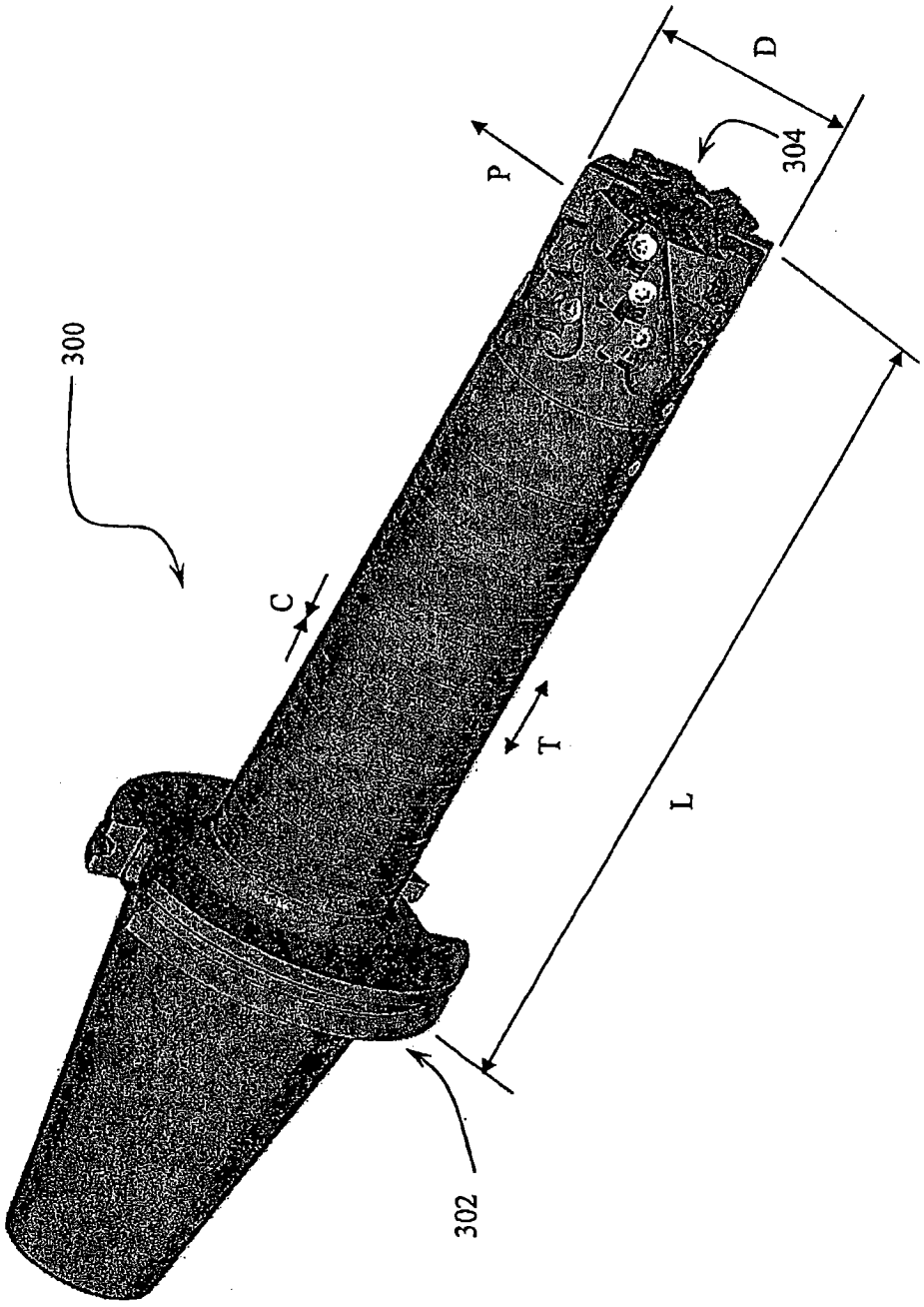


图 3

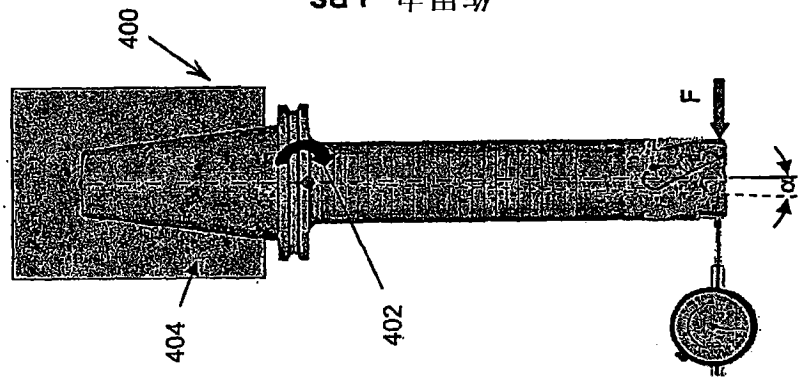

400
404
402
F
d

图4A

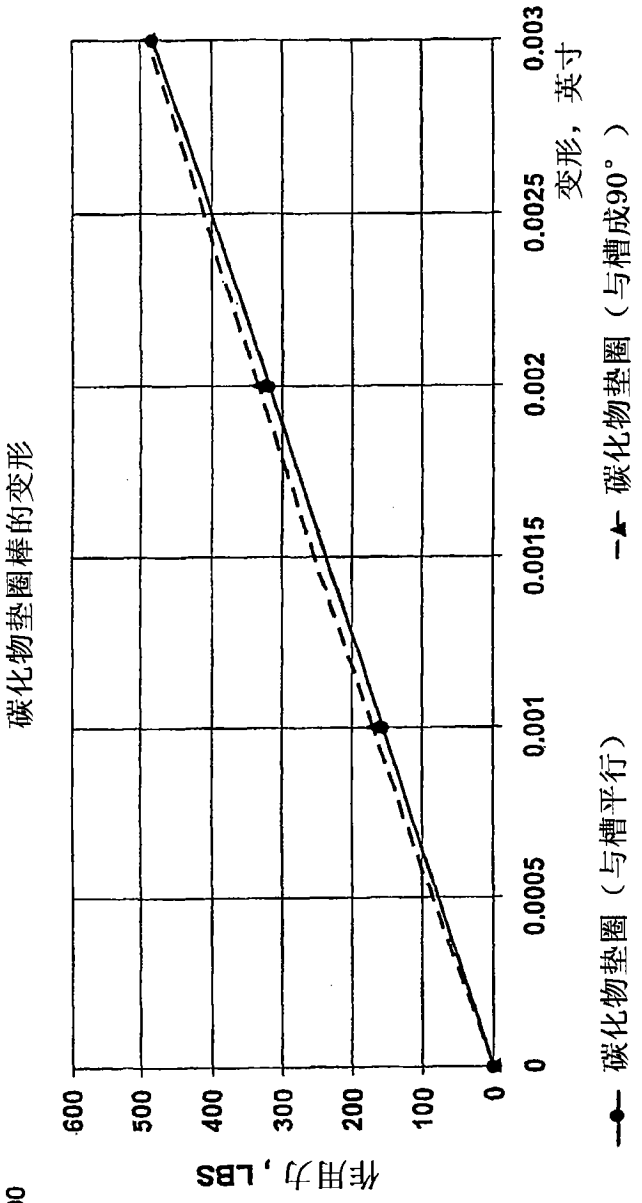

碳化物垫圈棒的变形
作用力，LBS
600
500
400
300
200
100
0
0
0.0005
0.001
0.0015
0.002
0.0025
0.003
变形，英寸
碳化物垫圈（与槽平行）
碳化物垫圈（与槽成90°）

图4B

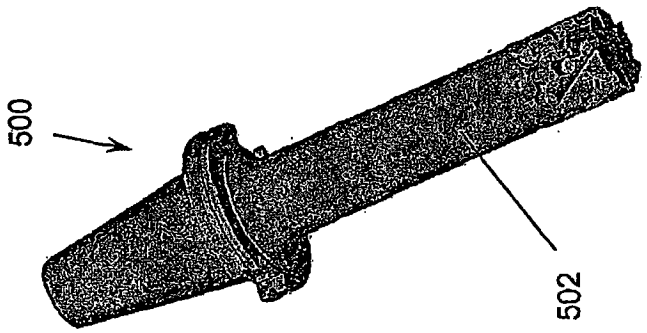

500
502

图 5A

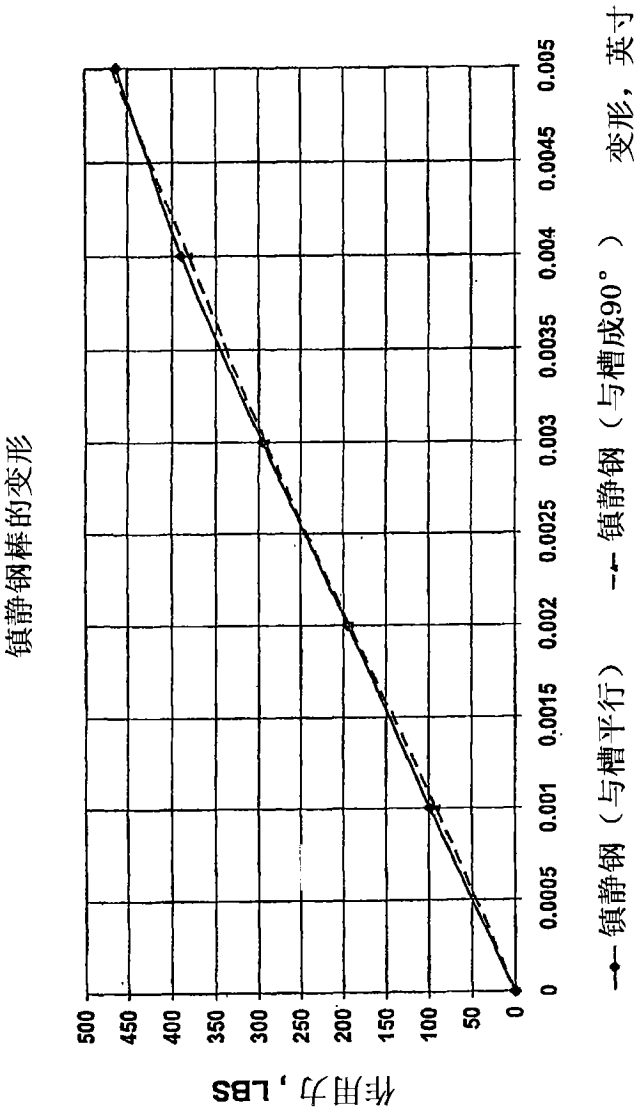

镇静钢棒的变形
作用力，LBS
500
450
400
350
300
250
200
150
100
50
0
0
0.0005
0.001
0.0015
0.002
0.0025
0.003
0.0035
0.004
0.0045
0.005
镇静钢（与槽平行）
镇静钢（与槽成90°）
变形，英寸

图 5B

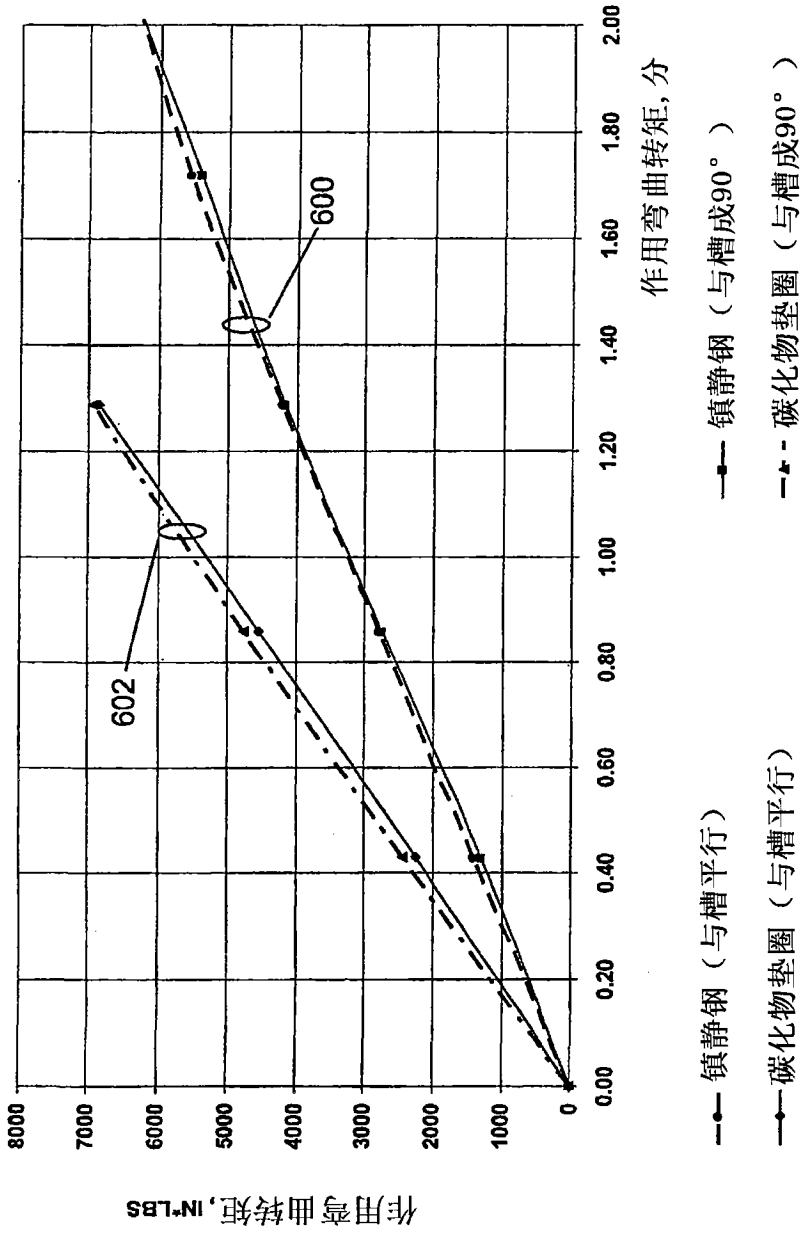

作用弯曲转矩，IN*LBS
8000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
0
0.00
0.20
0.40
0.60
0.80
1.00
1.20
1.40
1.60
1.80
2.00
作用弯曲转矩，分
600
602
镇静钢（与槽平行）
镇静钢（与槽成90°）
碳化物垫圈（与槽平行）
碳化物垫圈（与槽成90°）

图 6

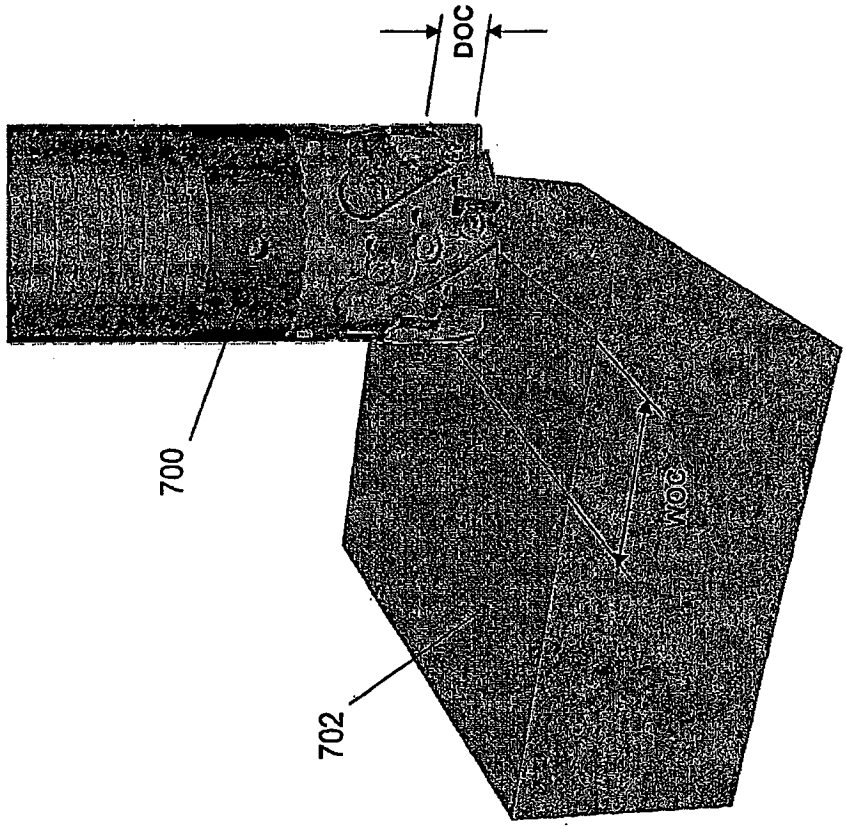


图 7